

VHF 帯における人体を利用したアンテナの放射効率測定

2019SC064 寺田流音

指導教員：藤井勝之

1. はじめに

近年、いたるところで見受けられる無線技術は、いつでも、どこでも、誰とでも、つながることを可能にしており、私たちの生活において必要不可欠なものとなっている。その活用例の一つとして、非営利で利用され、私的な研究にも利用可能なアマチュア無線がある。VHF 帯、そのうちの 50MHz 帯や 70MHz 帯は、アマチュア無線でも使用される周波数帯である。しかし、VHF 帯はメートル波とも呼ばれ、波長が比較的大きい。

また、足首などの組織構造の狭い部分における局所ピーク SAR(Specific Absorption Rate: 吸収比率)について計測した研究がある[1], [2]。これらの研究の中で、周波数が 10MHz-100MHz の範囲で、導体板上に直立している成人男性に、流れる電流が計測された。それによると、人体への電流分布は 40MHz で最大となり 10.4mA/(V/m) となる。次いで、30MHz のとき、8.89mA/(V/m)。三番目に、50MHz のとき、8.05mA/(V/m) で電流分布が大きくなることがわかっている。

そこで、本研究ではこの性質を利用し、アンテナの小型化に人体を利用できないか検討するため、放射効率の測定を行う。

2. 小型アンテナの特性評価

対象のアンテナが使用できるかを検討するにあたり、アンテナの特性評価を行う。小型アンテナの特性評価をするにあたり、重要な特性として、入力インピーダンス、帯域幅、放射指向性、利得があるか、放射効率、比吸収率がある。このうち、先行研究にて、ループアンテナに人体を挿入した場合、放射指向性は、無指向性となることや、利得が下がること、最初のスライド、ガンディーらの研究により、組織構造の狭い部分に一定以上の電流を流した場合、人体に影響を及ぼすことなどがわかっている。

これらの特性の内、本研究では、放射効率について計測する。

3. 測定方法

本研究では、放射効率を測定するために、小型アンテナの簡易放射測定法として知られている wheeler cap 法を用いる。これは、被測定アンテナを半径 $\lambda/2\pi$ 程度の球状放射抑制シールドで覆うことで、アンテナの放射を抑制することが出来る。この被測定アンテナを放射抑制シールドで覆った場合と、自由空間に置いた場合の測定値の差から放射効率を計算する方法である。

被測定アンテナに入力電圧 P_i を与えるとき、自由空間

に置いたときの入力電圧を $P_f = P_i(1 - |\Gamma_f|^2)$ とし、放射抑制シールド内に置いたときの入力電圧を $P_s = P_i(1 - |\Gamma_s|^2)$ とする。なお、 Γ_f , Γ_s はアンテナを自由空間に置いた場合と、放射抑制シールド内に置いた場合の反射係数である。

このとき、放射効率 η は、

$$\eta = 1 - \frac{P_s}{P_f} \quad (1)$$

で与えられ、式(1)より、反射係数の大きさを用いて、

$$\eta^\Gamma = 1 - \frac{1 - |\Gamma_s|^2}{1 - |\Gamma_f|^2} \quad (2)$$

と与えられる[3]。本研究では、反射係数もちいて、放射効率を計算する。これは、反射係数の大きさのみで与えられ、位相を含まないため、入力インピーダンス等で与えられる式よりも、測定精度において有利であるためである。

4. 放射抑制シールド

本研究では、放射効率を測定するため、放射抑制シールドを用いる。放射抑制シールドの形状は、図1のとおり、立方体とする。先の節では、半径 $\lambda/2\pi$ 程度の球状放射抑制シールドで覆うと記述したが、放射効率の測定において、放射抑制シールドの形状は、測定にほとんど影響を与えない。そのため、形状は、比較的制作しやすい立方体とする。また、放射抑制シールドの素材はスタイロフォーム材を使用し、その内側にアルミ箔を接着して、放射抑制シールドとして用いる。

製作した放射抑制シールドは、一辺 2275mm の立方体である。これを用いて、50MHz - 100MHz での放射効率を測定する。



図1. 本実験で使用した放射抑制シールド

5. 放射抑制シールドの効果確認

本研究では、製作した放射抑制シールドを用いて実測を行う。そのため、製作した放射抑制シールドが機能しているか、実測結果の妥当性を確認する。

確認方法は、図 1 の放射抑制シールドの中央に人体が直立したときの反射係数を、実測とシミュレーションで確認し、比較をする。その結果を図 2 に示す。

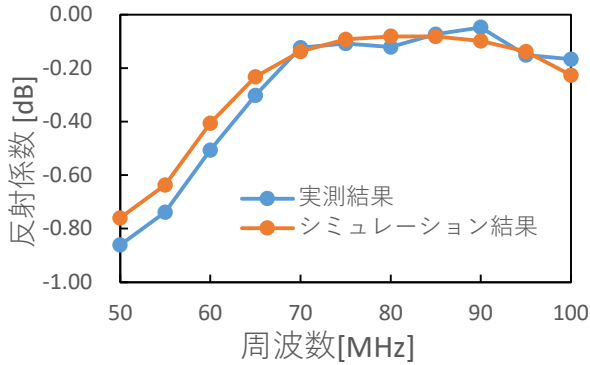


図 2 人体を利用したアンテナを放射抑制シールドで覆った場合の反射係数

実測結果とシミュレーション結果の差は、最大で 55MHz のとき、0.102dB であった。また、65MHz 以降では、差は 0.1dB 未満であった。これらの値の差は、ファントムとして利用した人体の体格差であると考えられる。

以上より、シミュレーション結果の傾向と一致していることから、製作した放射抑制シールドを用いた実測結果は妥当であるといえる。

6. 人体を利用したアンテナの測定方法

本研究では、人体を利用したアンテナを用いて反射係数を測定し、その値から放射効率を測定する。

その測定方法は、地板の上に導体板を設置し、その上に人体が直立する。使用する銅板の大きさは、300mm×400mm である。また、地板、銅板、人体の間には、厚さ 1mm の発砲スチロールをはさむ。それらを図 3 に示す。



図 3 反射係数の測定方法

7. 人体を利用したアンテナの放射効率測定

本研究で行った、人体を利用したアンテナの放射効率の測定結果を図 4 に示す。なお、図 4 に示すシミュレーション結果は、被測定アンテナのシミュレーションモデルを自由空間に置いた場合と放射抑制シールドで覆った場合の反射係数をシミュレーションし、それらの値から式

(2)を用いて計算した値である。

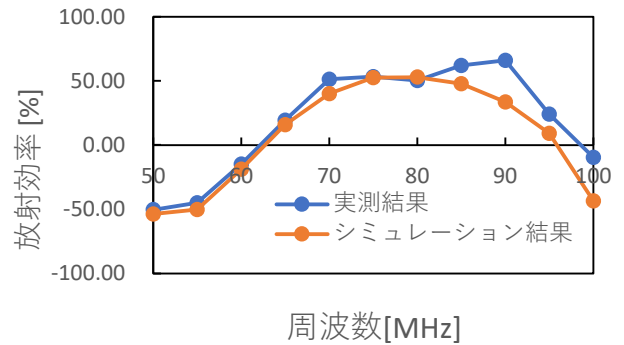


図 4 人体を利用したアンテナの放射効率

実測結果とシミュレーション結果から計算された放射効率は、50MHz - 80MHz の範囲では、傾向および値が近似していることが確認された。

実験結果より、70-90MHz のとき、放射効率は 50%以上であり、人体を利用したアンテナでは、この周波数を利用したとき、ほかの周波数と比べ高い放射効率を得られた。

8. むすび

本研究では、人体を利用したアンテナの放射効率を測定した、測定の結果、70MHz - 90MHz の範囲で放射効率がおおよそ 50% 得られることが確認された。

今後の課題として、70MHz-90MHz で人体に最適な給電方法について検討する必要がある。また、体格によって、反射係数が変化したことから、体格の違いによる変化について計測する必要がある。加えて、50MHz - 60MHz のとき、シールドで覆った場合の反射係数が自由空間に置いた場合より、小さくなった原因について検討する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始丁寧かつ熱心なご指導をくださった藤井勝之教授及び奥村康行教授、梅比良正弘教授に深謝いたします。

参考文献

- [1] P.J.Dimbylow, "Finite-Difference Time-Domain Calculations of Absorbed Power in the Ankle for 10-100 MHz Plane Wave Exposure," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.38, no.5, pp.423-428, May 1991.
- [2] O. P. Gandhi, J.Y. Chen, and A. Riazi, "Currents Induced in a Human Being for Plane - Wave Exposure Conditions 0 - 50 MHz and for RF Sealers," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.BME-33, no.8, pp.757-767, Aug. 1986.
- [3] 石井望, "放射抑制シールドを用いた小型アンテナの放射効率測定," 電子情報通信学会論文誌 B, vol. J95-B, no.9, pp.1025-1035, Sep.2012.
- [4] 石井望, "アンテナ基本測定法," コロナ社, 2011.
- [5] 兼松凌基, "人体を誘電体として用いたアンテナの特性評価," 南山大学理工学部機械電子制御工学科 2021 年卒業論文, 2022.